

Тяньи Лю, А.Г. Величко, В.С. Гришин, А.В. Мельничук

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ ВЕНЦА И КОРПУСА НАКОНЕЧНИКОВ КИСЛОРОДНЫХ ФУРМ

Аннотация. С использованием моделирования процесса штамповки венца и корпуса наконечников кислородных фурм, были проанализированы конструкции разработанных штампов, заданы режимы обработки и их влияние на пластическую деформацию меди и стали.

Показано, что изготовление медного венца и стального корпуса из штампованных заготовок позволяет сберечь материальные ресурсы, сохранить технологическое время на изготовление деталей сложной формы.

Разработанная геометрия штампа позволяет безподналадки на протяжении всего хода ползуна обеспечить надежную работу выталкивающих устройств, свободный и безопасный доступ в зону штамповки и удобство обслуживания штампа.

Ключевые слова: Фурма, венец, штамп, конструкция, технология, медь, моделирование, пластическая деформация, износ.

Введение. В практике формообразующими методами производства наконечников кислородных фурм являются литье, штамповка и технологии механической обработки медных и стальных заготовок [1-3].

При изготовлении медных наконечников, используя применение новых методов литья меди, не обеспечиваются герметичности и теплопроводность материала, качество рабочих поверхностей из-за раковин и неметаллических включений.

Сложность производства отливок из чистой меди и связана с низкой прочностью меди при температурах близких к температуре плавления, что может формировать трещины в литье. Для борьбы с трещинообразованием используют максимально раскисленный расплав без избытка фосфора; применяют формовочные смеси, не препятствующие усадке отливки при кристаллизации и охлаждении, задают технологию, обеспечивающую требуемую направленность кристаллизации и способствующую уменьшению усадочных напряжений в охлаждающейся отливке. Технология производства в сухие песчаные

ные формы из холоднотвердеющих смесей не обеспечивает необходимого качества изделия из-за газоусадочной пористости, окисления меди в процессе заливки в форму [4].

Разработанные конструкции цельноточенных наконечников фирм показали их достаточно высокую технологическую эффективность при выплавке стали [5]. Однако само их изготовление из цельной заготовки из проката является нетехнологичным, т.к. значительная часть дорогостоящей меди уходит в стружку. Кроме этого, как отмечают сами авторы, во время эксплуатации происходит характерный износ (разгар) торцевой поверхности наконечника в зоне сосредоточения отводящих воду проточек соплового блока. Это вызвано неравномерностью условий охлаждения из-за направленного одноуровневого движения воды. Поэтому ресурс сберегающие методы формообразования заготовок деталей наконечников и их изготовление с минимальной себестоимостью являются актуальной задачей.

Предпосылки и средства для решения проблемы. Целью настоящей работы является компьютерное моделирование процесса формообразования деталей наконечников штамповкой и на основании этого разработка и изготовление штамповой оснастки.

Решение рассматриваемой проблемы. В наконечнике кислородно-конвертерной фурмы, разработанной авторами (рис. 1) основными частями являются медный венец (рис. 2.а) и стальной корпус (2-б), выполненные штамповкой в закрытых штампах.



Рисунок 1 - Составляющие наконечника кислородно-конвертерной фурмы

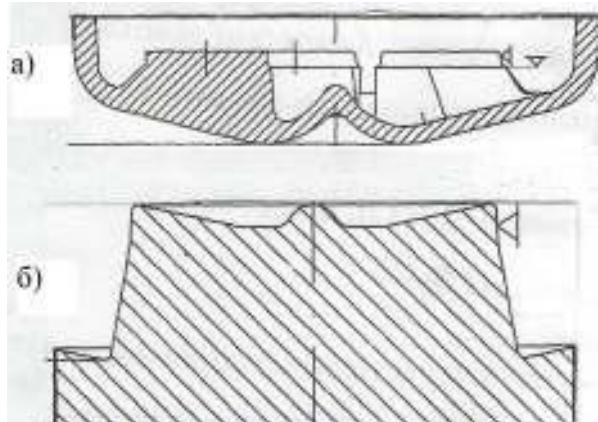


Рисунок 2 - Штампованные детали наконечника фурмы: а) - медный венец; б) - стальной корпус

Для изготовления медного венца использовали медный пруток М1 диаметром 120 мм, порезанный на мерные длины. Размеры заготовок и поковок рассчитывали по принятым методикам исходя из равенства объемов металла с учетом потерь на угар и отходы.

Использование цилиндрической заготовки для получения достаточно сложного геометрического тела (рис. 2а), предполагает несколько стадий обработки. Особенно это касается медного венца, т.к. физико-механические свойства меди (прежде всего высокая теплопроводность) приводят к быстрой потере температуры во время штамповки и, тем самым, к геометрическим погрешностям венца и другим дефектам.

Для штамповки медного венца и стального корпуса наконечника фурмы разработаны штампы сборной конструкции, состоящие из постоянного пакета и сменных рабочих частей (рис.3,4). Пакет состоит из верхней и нижней частей и включает четыре основные группы деталей: опорно-несущие детали (башмаки, плиты), направляющие детали (колонки, втулки), детали для установки и крепления инструмента (державки, пуансонодержатели, прижимы) детали выталкивающего механизма (выталкиватели, втулки и др.). Сменными рабочими частями являются матрицы, пуансоны, выталкиватели.

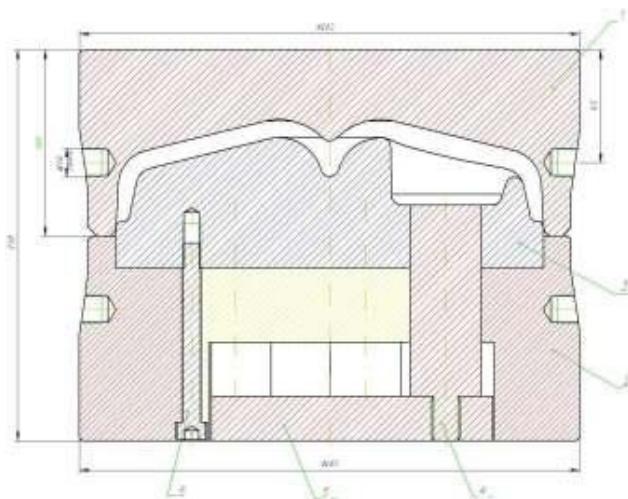


Рисунок 3 - Схема штампа для объемной штамповки медного венца фурмы: 1-матрица; 2-обойма; 3-пуансон; 4-выталкиватель

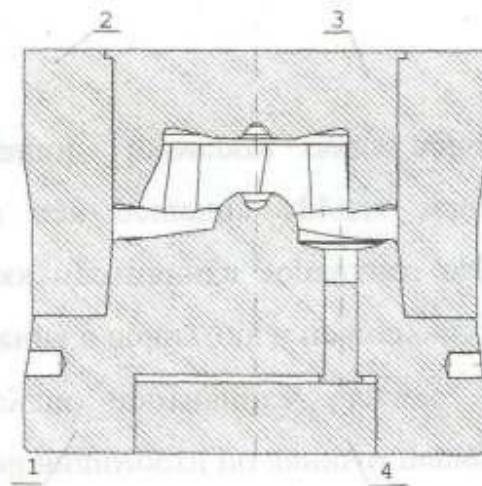


Рисунок 4 - Схема штампа для объемной штамповки стального корпуса фурмы: 1-матрица; 2-обойма; 3-пуансон; 4-выталкиватель

Технологию штамповки медного венца в разработанном штампе моделировали с использованием программного продукта MSC SuperForge.

С целью отслеживания поверхности обрабатываемой детали в ходе моделирования в MSC SuperForge применяли концепцию фасеточной (многогранной) поверхности (facetsurface). При этом течение материала сквозь сетку Эйлера, автоматически ограничивалось геометрией поверхности, состоящей из треугольных граней. Эти грани представляли собой не конечные элементы, а геометрические объекты, которые в совокупности обеспечивали удобный механизм отслеживания формы поверхности моделируемой детали. Движение фасеточной поверхности ограничивали свойствами заключенного в ней материала и тем самым задавали точное приложение граничных условий не только при воздействии инструмента, но и в случае свободной поверхности самой детали.

Результаты и дискуссия. Программа MSC SuperForge дает возможность автоматически повышать точность представления фасеточной поверхности в процессе моделирования с помощью алгоритма – ResolutionEnhancementTechnology (RET). Постоянное повышение точности отображения многогранной поверхности необходимо для адекватного отслеживания, изменяющейся в сторону усложнения геометрии детали. Алгоритм RET в процессе деформации обрабатываемой детали позволял использовать сравнительно грубую первоначальную фасеточную поверхность для представления простой геометрии заготовки, а затем, в процессе моделирования, улучшать отображение всех особенностей усложняющейся геометрии.

Взаимодействие между жестким инструментом (штампом) и деформируемым материалом заготовки моделировали в условиях контактных поверхностей между инструментом и поверхностью заготовки. В процессе моделирования контактные условия постоянно обновляли, отражая движение инструмента и деформацию материала, фактически моделируя скольжение между пуансоном, матрицей и материалом обрабатываемого венца.

Из рекомендованного диапазона 1050-750°C температур горячей деформации меди [6] принят нагрев венца наконечника формы - 800°C. При этой температуре происходит незначительная анизотропия механических свойств, вызывающей образование фестонов при глубо-

кой вытяжке. Моделирование процесса штамповки (для дугостаторного 250-ти тонного пресса), при такой температуре, показало, что заготовку надо нагревать дважды, при этом процесс разделяли на несколько стадий с различными усилиями штамповки в процентном отношении от максимального усилия пресса. После первого нагрева деформация заготовок проходила при отсутствии ее контакта с боковыми стенками полости штампа. На этой стадии проходит осадка, вдавливание металла в углубления (рис.5).

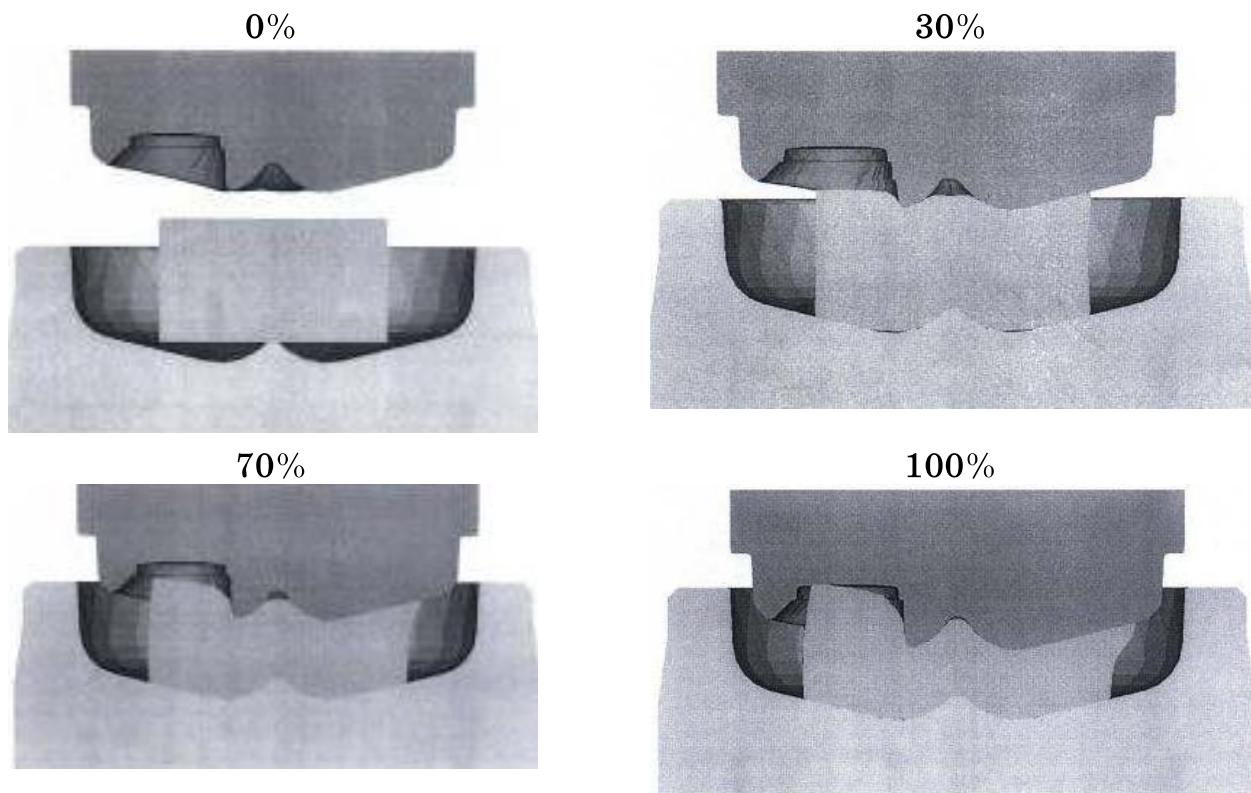


Рисунок 5 - Моделирование пластичности меди
при штамповке венца (1 нагрев)

На последней стадии заготовка заполняет полость штампа и обеспечивает условия заполнения металлом углов полости.

Для обеспечения удаления паковки из полости штампа боковые стенки полости выполняют с уклоном (3-50), а сам штамп снабжен выталкивателями (рис.7)

Для изготовления корпуса наконечника формы применяли сталь 10 горячекатанную круглую диаметром 90 мм. Выбор этой стали обусловлен тем, что она хорошо деформируется, не склонна к отпускной хрупкости, хорошо сваривается и может претерпевать значительные пластические деформации [6].

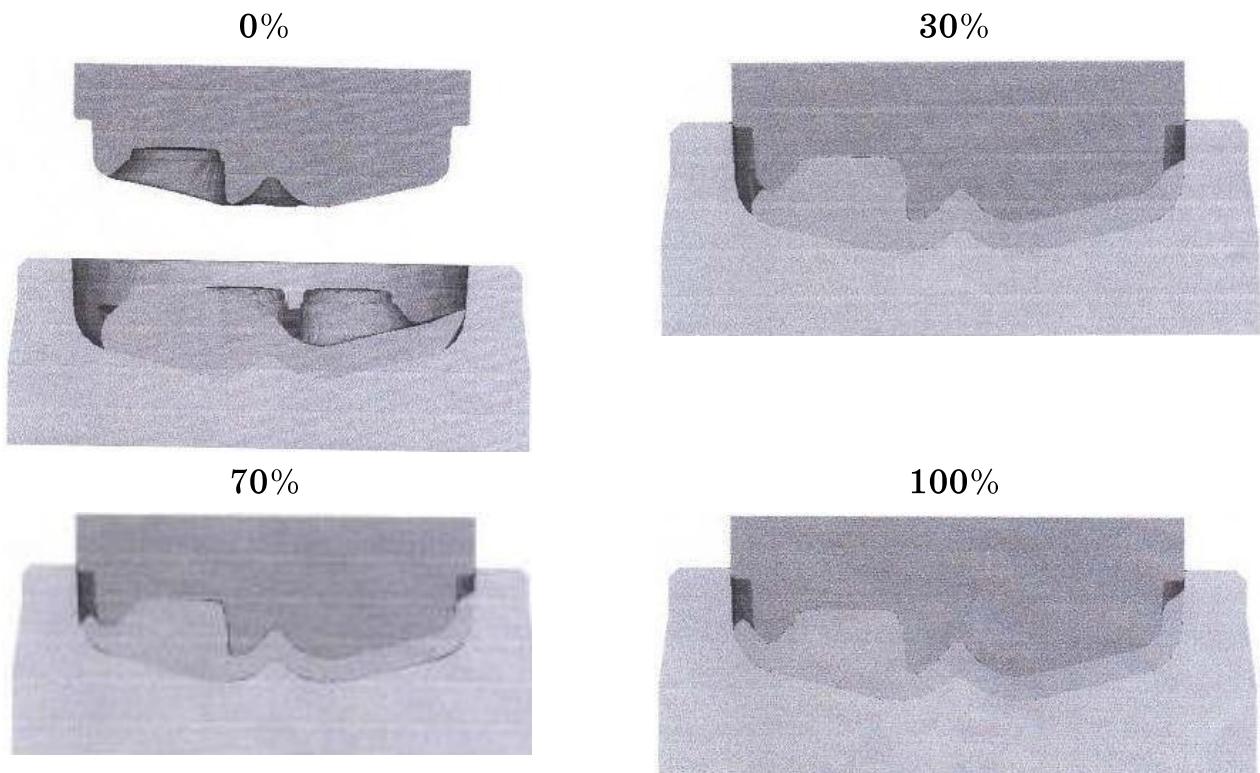


Рисунок 6 - Моделирование пластичности меди
ри штамповке венца (2 нагрев)

С повышением содержания углерода и доли легирующих компонентов считается способность стали к растяжению, а тем самым и ковкость стали. Чем меньше содержание углерода в углеродистой стали, тем выше начальная температура ковки и тем больше диапазон температур, при которых сталь поддается ковки (рис.8).



Рисунок 7 - Изготовленная матрица
штампа для
меди венца с выталкивателем

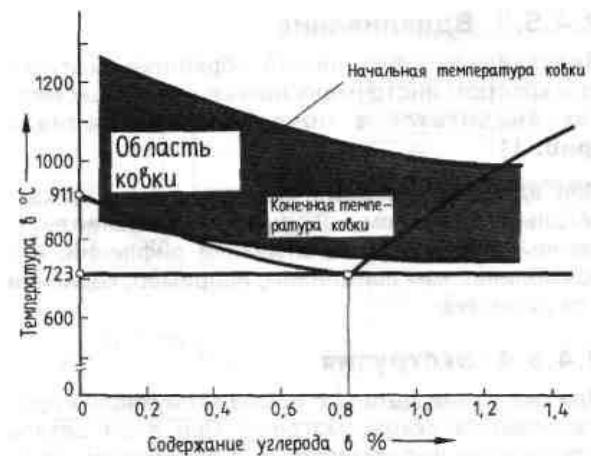


Рисунок 8 - Диапазон штамповки
углеродистых сталей

Ниже минимальной температуры ковки материал уже нельзя ковать, так как способность материала изменять форму настолько снижается, что при продолжении ковки на детали будут появляться трещины. Возможность нагревать низкоуглеродистую сталь до высоких начальных температур позволила производить формообразования стального корпуса за один нагрев в спроектированном штампе.

Кроме технологических возможностей разработанные конструкции штампов и технологии их изготовления обеспечивали высокую соосность верхних и нижних частей: совпадение рабочих частей при их установке в посадочных местах без подналадки и на протяжении всего хода ползуна пресса; надежную работу выталкивающих устройств, при этом, они не должны мешать укладке очередной заготовки в матрицу; свободный и безопасный доступ в зону штамповки и удобство обслуживания штампа.

Заключение. Проведенное моделирование позволило подтвердить правильность выбранной конструкции штампов, задать режимы обработки и установить их влияние на пластическую деформацию меди и низкоуглеродистой стали, определится с окончательной геометрической формой венца и корпуса.

Изготовление венца и корпуса наконечника из штампованных заготовок подтвердило значительные сбережения ресурсов по сравнению с резанием металла; краткое технологическое время; возможность изготавливать детали сложной формы; небольшая доработка резанием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелейков С.П. О рациональной конструкции наконечника для голо-вок верхних фурм конвертеров – Сталь, 2001, № 4, с. 79-82.
2. Проблемы разработки и эксплуатации цельноточенных наконечников для кислородных фурм / Мокринский А.В., Протопопов Е.В., Черняевич А.Г.// Металл и литье Украины, 2003, № 3-4, с. 67-69.
3. Высоконадежное металлургическое оборудование в ресурсосберегаю-щих технологиях / Большаков В.И., Ващенко А.П., Величко А.Г. и др. – Днепропетровск: Институт технологии. 2000 – 232с.
4. Новые технологии литья медных наконечников кислородно-конвертерных фурм. Карапин Ю.А. Сталь, 2004, № 6, с. 43-46.
5. Численно емоделирование температурных полей в цельноточенном на-конечнике верхней кислородной фурмы / Мокринский А.В., Протопопов Е.В., Черняевич А.Г.// Металл и литье Украины, 2005, № 3,4, с. 70-71.
6. Справочник металлиста. В 5-ит.Т2. Под ред. А.Г.Рахштадта и В.А.Брострема. М.,Машиностроение, 1976 с.415-416.